动 物 学 研 究 2003, Apr. 24 (2): 106~110 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

安徽乾山山地麻蜥卵孵化过程中物质和能量的变化

许雪峰，吴义莲
(滁州师范专科学校 化学生物系，安徽 滁州 239012，xuefxu@cztc.edu.cn)

摘要：野生成年山地麻蜥捕获后在人工环境中产卵，卵在30℃、-12 kPa的条件下孵化；在不同时段称重（整体、卵壳、卵黄、胚胎等）并测定一些成分的能量。胚胎发育以及卵物质和能量转化数据处理结果如下：①卵孵化期为35.0 d，孵化时能从外界吸收水分使卵重增加；②在卵孵化0~20、20~30和30~35 d，胚胎分别利用新生卵能量的10%、30%和20%；③胚胎在孵化的20 d内生长缓慢，此后生长迅速；④卵孵化过程中，干重、非极性脂肪和能量的转化率分别为67.3%、32.7%和59.6%；⑤胚胎发育所需的无机物来自卵黄和卵壳。该种卵内干物质和非极性脂肪（作为主要能量物质）的转化率、幼体内剩余卵黄比例均较有鳞类低；这种转化率差异可能与山地麻蜥胚胎发育缓慢期较长有关。

关键词：山地麻蜥；卵孵化；幼体；物质；能量
中图分类号：Q959.6 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853(2003)02-0106-05

Changes of Material and Energy in Eggs of Lacertid Lizards, *Eremias brenchleyi* During Incubation at Mount Qianshan, Anhui

XU Xue-feng, WU Yi-lian
(*Department of Biochemistry, Chuzhou Normal College, Chuzhou 239012, China, xuefxu@cztc.edu.cn*)

Abstract: Lacertid lizards, *Eremias brenchleyi* were captured from field, and reared artificially. Laid eggs were incubated at 30 ℃ and -12 kPa (humidity). Whole eggs, eggshells, yolks, and embryos were weighed, and energy of certain components was determined at a series of time points. Data on the development of embryos and the transition of material and energy in eggs incubation were processed, resulting in: ①The duration of incubation averaged 35 days, and the egg in wet mass increased for absorbing moisture while incubating. ②The embryos employed about 10%, 30% and 20% of the total egg energy in the periods of 0-20, 20-30, and 30-35 days of incubation, respectively. ③The embryos grew slowly during the first 20 days, then grew rapidly. ④Approximately 63.4% dry material, 32.7% non-polar lipids and 59.6% energy in the contents of fresh eggs were transferred to the hatchlings. ⑤Inorganic material in both yolk and eggshell was used by the embryos in development. The transition ratios of dry material and non-polar lipids as main energy-substance, and the proportion of residual yolk in hatchlings are lower than those reported for snakes. The lower ratios maybe related to the longer slow-phase of embryonic development in this species.

Key words: *Eremias brenchleyi*; Egg incubation; Hatchling; Material; Energy

卵生爬行动物卵内的物质和能量有两个明确的使用途径：①用于胚胎发育的繁殖投入，即形成一个完整的幼体；②用于亲体抚育的繁殖投入，主要以剩余卵黄的形式存在于初生幼体体内，维持其早期的活动和生长（Congdon & Gibbons, 1990; Ji et al, 1996, 1997b, 1999a; Ji & Sun, 2000)。

爬行动物胚胎发育过程中的物质转化和能量利用直接影响初生幼体的形态、大小和功能表现，进而影响幼体的适应性和生存几率。就特定的爬行动物而言，卵内物质和能量的转化与孵化环境、胚胎

收稿日期：2002-08-05；接受日期：2002-11-18
基金项目：安徽省教育厅自然科学基金资助项目（2002KJ233）

发育能耗、幼体内剩余卵黄和脂肪体大小密切相关(Deeming & Ferguson，1991；Ji et al，1997a，b，1999a；Ji & Sun，2000)。因而，研究胚胎发育过程中卵内物质和能量利用的动态，将有助于理解爬行动物的繁殖对策及其幼体对环境的适应性。

山地麻蜥(*Eremias brenchleyi*)是年产多窝卵的小型昼行性蜥蜴，主要分布在江苏和安徽北部以及华北地区(Zhao & Adler，1993)。由于卵产出时胚胎分化程度低，其生长发育几乎是在孵化过程中才完成的；因而该种是研究卵孵化过程中，胚胎对卵物质和能量利用较为理想的动物。本文旨在通过研究山地麻蜥胚胎发育过程中卵物质和能量的利用，为爬行动物繁殖生态学理论提供新的资料。

1 材料和方法

山地麻蜥亲体于2002年4~5月捕自安徽宿州乾山，带回滁州师范专科学校实验室，经测量、称重和性别鉴定后，关养在蜥蜴专用玻璃缸(1 000 mm×800 mm×500 mm)内。动物能在缸内自由取食面包虫(larvae of *Tenebrio molitor*)，接受自然光照。当环境温度低于28 ℃时，玻璃缸顶部的100 W灯泡自动开启，提供辅助热源，保证蜥蜴能将体温调整到喜好温度33.7 ℃(Xu et al，2001)。定期在蜥蜴饮水中添加爬行动物专用复合维生素和儿童钙粉，确保动物全面的营养需求。定期通过触摸来判断雌体的怀卵状态，将怀输卵管卵的雌体单个关养在有潮湿沙质基质的产卵缸(300 mm×150 mm×250 mm)内。

本研究用亲体山地麻蜥(SVL：61.3±0.5 mm；$n=44$)自2002年4月20日至6月5日共产44窝191枚受精卵。卵在产后1 h内被收集，测量，称重和编号。从32窝中各取2枚新生卵，分离成卵壳和卵内容物。其余新生卵被移入塑料孵化盒中。孵化盒用穿孔的塑料薄膜覆盖，内含的孵化基质湿度设置为-12 kPa[干蛭石(vermiculite)重：水重=1:2]，放置在温度设置为(30±0.5)℃的生化培养箱内。卵的1/3埋入基质中，胚点朝上。定期向孵化盒内加水，以保持基质湿度的恒定；每日调整孵化盒的位置以减少相互间的温差。当卵孵化到10、15、20、25和30 d时，分别从10窝中各取1枚卵，分离成卵壳、胚胎和卵黄。卵壳用清水冲洗、纸巾吸干后，称出湿重。卵内容物、胚胎和卵黄分别移入已知重量的玻璃皿内，称出重量；然后在65 ℃烘箱中干燥至恒重，称出干重。

每隔7 d称孵化卵的重量，直至幼体孵出。共孵出32个幼体，幼体出壳后1 h内被冷冻。冷冻幼体以后经解冻，解剖分离成躯干、剩余卵黄和脂肪体，分别在65 ℃烘箱中干燥至恒重，称出干重。

卵内容物、胚胎、卵黄和幼体中的非极性脂肪用索氏脂肪提取器，分析纯乙醚作抽提溶剂，在55 ℃条件下抽提。10和15 d的胚胎很小，未能测定脂肪含量。上述物质的能量用HR-15型弹式氧弹仪(长沙高教仪器厂)测定，灰分含量用马福炉在650 ℃条件下焚烧12 h测得。

卵孵化过程中死亡胚胎的对应数据不用于统计分析，同窝卵的对应数据被合并。所有数据在作参数统计分析前，分别检验其正态性(Kolmogorov-Smirnov test)和方差同质性(*F*-max test)。经检验，除SVL以外的原始数据须经ln转化后才能用于参数统计分析。用单因素方差分析、协方差分析处理和比较相应的数据。描述性统计值用平均值±标准差表示，显著性水平设置为$\alpha=0.05$。

2 结 果

在30 ℃、-12 kPa条件下，山地麻蜥卵的平均孵化期为(35.0±0.2) d(33.2~37.0，$n=32$)。孵出幼体在卵孵化的0~28 d内，从孵化基质中吸收水分导致重量显著增大($F_{4,155}=447.6$，$P<0.0001$)，孵化7、14、21和28 d的卵分别比新生卵重1.59、2.42、3.14和3.59倍。

图1显示，山地麻蜥卵随孵化时间的增加，卵黄的重量($F_{5,76}=120.19$，$P<0.0001$)、能量($F_{5,76}=179.34$，$P<0.0001$)、非极性脂肪($F_{5,76}=104.62$，$P<0.0001$)和灰分($F_{5,76}=515.92$，$P<0.0001$)减少；而胚胎的重量($F_{5,76}=882.86$，$P<0.0001$)、能量($F_{5,76}=970.78$，$P<0.0001$)、非极性脂肪($F_{3,58}=446.16$，$P<0.0001$)和灰分($F_{5,76}=568.64$，$P<0.0001$)增加。胚胎在孵化的最初20 d仅动用卵内约10%的能量，20~30 d动用约30%的能量，30~35 d动用约20%的能量。卵孵化0~25 d胚胎灰分占发育所需灰分的34%，在30 d后约33%的灰分被利用。卵孵化的20、25和30 d，胚胎干重分别为初生幼体的17.8%、33.6%和71.5%。

山地麻蜥初生幼体和新生卵内容物的成分比较结果显示：干重、非极性脂肪含量、能量前者低于后

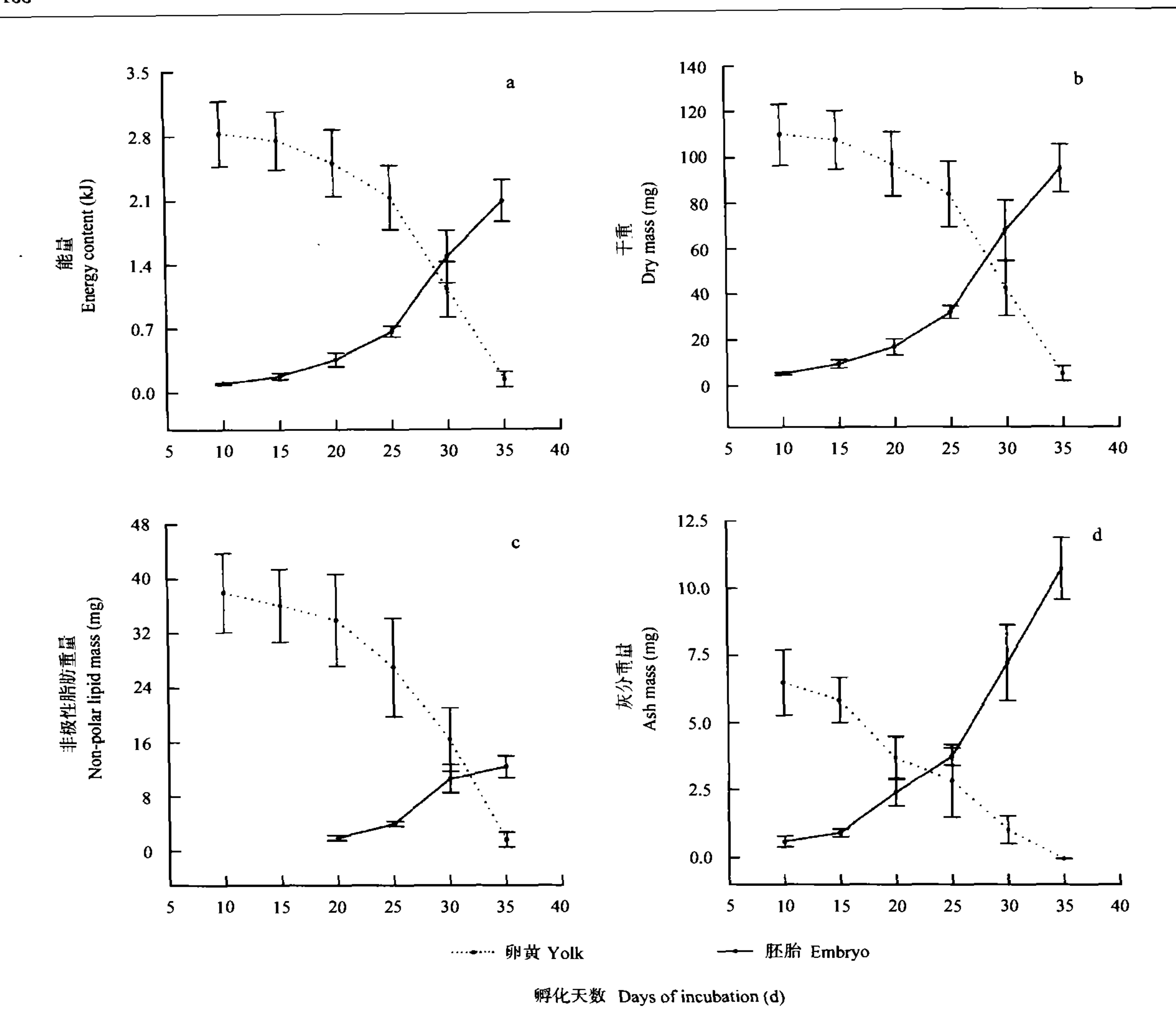


图 1 安徽乾山山地麻蜥卵孵化过程中卵黄和胚胎中物质和能量的变化

Fig.1 Changes of material and energy in yolk and embryo of *Eremias brenchleyi* eggs during incubation at Mount Qianshan, Anhui

数据用平均值±标准差表示。

Data are expressed as mean ± *SD*.

者;灰分含量前者高于后者。孵化后卵壳的干重和灰分含量低于新生卵卵壳(表1)。卵的干重、非极性脂肪和能量转化到初生幼体内的比率分别为67.3%、32.7%和59.6%。幼体躯干、脂肪体和剩余卵黄干重分别为95.3%、0.5%和4.2%;非极性脂肪在幼体的躯干、脂肪体和剩余卵黄的分配分别为83.8%、4.0%和12.2%;能量的分配分别为92.6%、1.0%和6.4%。初生幼体剩余卵黄干重占新生卵内容物干重的6%,占幼体干重的9%。

3 讨 论

在爬行动物的胚胎发育过程中,卵物质和能量的转化存在显著的种间差异(Ji et al, 1997a, b),而且受到卵内外环境因素的影响(Deeming & Ferguson, 1991)。为排除后者的影响,我们设置了恒定的实验条件,研究山地麻蜥卵孵化过程中物质和能量的利用或转化情况,并与其他爬行动物进行比较,以得出一些有意义的结果。

山地麻蜥干物质的转化率与中国石龙子(*Eumeces chinensis*)接近(66%: Ji et al, 1996),而低于一些有鳞类(70%~85%: Ji et al, 1997a, b, 1999a; Ji & Sun, 2000; Zhao et al, 1997)。有鳞类非极性脂肪转化率存在明显种间差异(37%~

表 1　山地麻蜥新生卵和初生幼体组成成分比较

Table 1　A comparison of composition between freshly laid eggs and newly emerged hatchlings of *Eremias brenchleyi*

	新生卵 Freshly laid egg ($n=32$)		孵化卵 Hatched egg ($n=32$)		ANCOVA: $F_{1,61}$	
	卵内容物 Egg content	卵壳 Eggshell	初生幼体 Hatchling	卵壳 Eggshell		
干重 Dry body mass (mg)	148.8 ± 28.9	10.5 ± 2.4	100.2 ± 10.2	9.0 ± 1.4	109.57****	9.47**
非极性脂肪重量 Non-polar lipid mass (mg)	45.0 ± 8.1		14.7 ± 2.1		755.83****	
灰分重量 Ash mass (mg)	8.3 ± 2.2	2.7 ± 0.5	10.7 ± 1.0	0.9 ± 0.3	31.01****	121.28****
能量 Energy (kJ)	3.74 ± 0.68		2.23 ± 0.23		205.24****	

数据用矫正平均值 ± 标准差表示，新生卵为协变量。

Date are expressed as adjusted mean ± *SD*, with freshly laid egg mass as the covariate.

** $P<0.01$, **** $P<0.0001$。

75%: Ji et al, 1997a, b, 1999a; Ji & Sun, 2000; Zhao et al, 1997)；山地麻蜥非极性脂肪转化率相对较低，接近虎斑颈槽蛇（*Rhabdophis tigrinus lateralis*）（37%: Zhao et al, 1997）。与中华鳖（*Pelodiscus sinensis*）卵孵化过程中胚胎能量的动用模式不同（Du et al, 2001），山地麻蜥卵在胚胎发育早期（0～20 d）动用的能量较少，中后期（20～35 d）相对较多；而其能量转化率与中国石龙子（62%: Ji et al, 1996）和虎斑颈槽蛇（61%: Zhao et al, 1997）接近。上述比较表明，山地麻蜥卵内物质和能量的动用模式与其他有鳞类爬行动物不同，其卵内干物质和非极性脂肪（能量）的转化率均较低，可能与产后卵内胚胎发育缓慢期较长有关。

在缺乏亲代抚育的爬行动物中，剩余卵黄是亲体投入到卵内的一部分超出胚胎发育所需要的物质和能量，用于维持幼体早期的活动和进一步的组织生长。因此，对特定种类而言，剩余卵黄在初生幼体中占的比例与幼体的早期活动和生长有直接关系。山地麻蜥幼体内的剩余卵黄所占的比例均明显低于年产单窝卵的王锦蛇（*Elaphe carinata*）（25%: Ji et al, 1997b）和火赤链游蛇（*Dinodon rufozonatum*）（19%: Ji et al, 1999b）。这很可能与它们的繁殖对策有关，也许年产卵次与剩余卵黄存在负相关关系。当然，年产多窝卵的有鳞类爬行动物，其幼体内剩余卵黄所占的比例是否普遍低于年产单窝卵的种类，还有待更多研究结果的支持。

除卵黄提供胚胎发育需要的无机物外，卵壳也是胚胎所需无机物的另一来源。这种现象在卵生羊膜动物中比较普遍（Ji et al, 1997a, b, 1999a; Ji & Sun, 2000; Packard & Packard, 1984, 1991; Zhao et al, 1997; Du et al, 2001）。比较山地麻蜥初生幼体与新生卵内容物、孵化后卵壳和新生卵卵壳的灰分重量发现：初生幼体的灰分比新生卵内容物高 2.4 mg；孵化后卵壳的灰分比新生卵卵壳低 1.8 mg，说明山地麻蜥胚胎发育所需要的无机物不仅来自卵黄，而且也来自卵壳。

参考文献：

Congdon JD, Gibbons JW. 1990. Turtle eggs: Their ecology and evolution [A]. In: Gibbons JW. Life History and Ecology of the Slider Turtle [M]. Washington DC: Smithsonian Institution Press. 109 - 123.

Deeming DC, Ferguson MWJ. 1991. Physiological effects of incubation temperature on embryonic development in reptiles and birds [A]. In: Deeming DC, Ferguson MWJ. Egg Incubation, Its Effect on Embryonic Development in Birds and Reptiles [M]. Cambridge: Cambridge University Press. 147 - 171.

Du WG, Ji X, Xu WQ. 2001. Dynamics of material and energy during incubation in the soft-shelled turtle (*Pelodiscus sinensis*) [J]. *Acta Zool. Sin.*, **47** (4): 371 - 375. [杜卫国，计　翔，徐铧卿. 2001. 中华鳖孵化过程中物质和能量的动态. 动物学报, **47** (4): 371 - 375.]

Ji X, Sun PY. 2000. Embryonic use of energy and post-hatching yolk in the gray rat snake, *Ptyas korros* (Colubridae) [J]. *Herpetol. J.*, **10**: 13 - 17.

Ji X, Fu SY, Zhang HS, Sun PY. 1996. Material and energy budget during incubation in a Chinese skink, *Eumeces chinensis* [J]. *Amphibia-Reptilia.*, **17**: 209 - 216.

Ji X, Sun PY, Fu SY, Zhang HS. 1997a. Incubation and utilization of energy and material during embryonic development in the cobra *Naja naja atra* [J]. *J. Herpetol.*, **31**: 302 - 306.

Ji X, Sun PY, Fu SY, Zhang HS. 1997b. Utilization of energy and nutrients in incubating eggs and post-hatching yolk in a colubrid snake, *Elaphe carinata* [J]. *Herpetol. J.*, **7**: 7 - 12.

Ji X, Sun PY, Fu SY, Zhang HS. 1999a. Utilization of energy and material in eggs and post-hatching yolk in an oviparous snake, *Elaphe taeniura* [J]. *Asiatic Herpetol. Res.*, **8**: 53 - 59.

Ji X, Xu XF, Lin ZH. 1999b. Influence of incubation temperature on

characteristics of *Dinodon rufozonatum* (Reptilia: Colubridae) hatchlings, with comments on the function of residual yolk [J]. *Zool*. *Res*., **20** (5): 342-346. [计 翔, 许雪峰, 林植华. 1999b. 孵化温度对火赤链游蛇幼体特征的影响兼评剩余卵黄的功能. 动物学研究, **20** (5): 342-346.]

Packard MJ, Packard GC. 1984. Comparative aspects of calcium metabolism in embryonic reptiles and birds [A]. In: Seymour RS. Respiration and Metabolism of Embryonic Vertebrates [M]. Dordrecht, the Netherlands: Junk. 155-179.

Packard MJ, Packard GC. 1991. Sources of calcium, magnesium, and phosphorus for embryonic softshell turtles (*Trionys xpiniferus*) [J]. *J*. *Exp*. *Zool*., **258**: 151-157.

Xu XF, Chen XJ, Ji X. 2001. Selected body temperature, thermal tolerance and influence of temperature on food assimilation and locomotor performance in lacertid lizards, *Eremias brenchleyi* [J]. *Zool*. *Res*., **22** (6): 443-448. [许雪峰, 陈雪君, 计 翔. 2001. 雄性山地麻蜥选择体温、热耐受性及温度对食物同化和运动表现的影响. 动物学研究, **22** (6): 443-448.]

Zhao EM, Adler K. 1993. Herpetology in China [M]. Oxford, Ohio, USA: Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

Zhao Q, Zhang JQ, Huang HY, Ji X. 1997. Utilization of egg energy and material by *Rhabdophis tigrinus lateralis* embryos during incubation [J]. *J*. *Hangzhou Teachers College*, **96** (3): 60-64. [赵 群, 张菊清, 黄宏英, 计 翔. 1997. 虎斑游蛇孵化期卵内物质和能量的利用. 杭州师范学院学报, **96** (3): 60-64.]